



TUGAS AKHIR - TE 141599

***BACK-UP PERLINDUNGAN RELAY JARAK ZONA KEDUA
OLEH *DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAYS* DENGAN
*COMBINED CURVES****

Ariq Arsyia Nanda
NRP 2214105061

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M. Eng.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TE 141599

*BACK-UP PROTECTION OF DISTANCE RELAY SECOND
ZONE BY DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAYS WITH
COMBINED CURVES*

Ariq Arsyah Nanda
NRP 2214105061

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiatara, MT.
Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M. Eng.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**BACK-UP PERLINDUNGAN RELAY JARAK ZONA
KEDUA OLEH *DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAYS*
DENGAN *COMBINED CURVES***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP. 196603181990101001

Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T. M.Eng.
NIP. 197309271998031004



***BACK-UP PERLINDUNGAN RELAY JARAK ZONA
KEDUA OLEH DIRECTIONAL OVERCURRENT
RELAYS DENGAN COMBINED CURVES***

Nama Mahasiswa : Ariq Arsyia Nanda
Nrp : 2214105061
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP : 196603181990101001
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M. Eng.
NIP : 197309271998031004

ABSTRAK

Dalam makalah ini, pendekatan baru untuk simultan pengaturan jarak dan relay arus lebih terarah. Ketika skema perlindungan garis terdiri dari relay jarak dan relay arus lebih terarah pengaturan relay harus dihitung mengingat kedua relay. Terpisah perhitungan estafet akan menyebabkan hilangnya selektivitas. Jika kedua zona waktu pengaturan adalah tetap, penentuan otomatis dari pengaturan bisa menyebabkan situasi yang tidak sesuai, serta menemukan satu set selektif pengaturan. Jadi zona waktu kedua harus diubah secara manual sampai masalah optimasi layak. Dalam metode ini, yang terbaik pengaturan untuk zona kedua yang membuat selektifitas dalam *back-up* dengan relay arus dapat menyebabkan waktu yang tidak menguntungkan dari zona kedua. Dalam metode yang diusulkan, bukannya mengubah waktu zona kedua, bentuk *directional* arus cadangan yang akan dirubah dengan lokasi gangguan dan saat ini. Ide mengatur proteksi rele arus dalam waktu respon pada arus kesalahan yang lebih tinggi dicapai dengan menggunakan perangkat perlindungan yang universal dengan platform perangkat lunak yang dapat memfasilitasi merancang waktu saat kurva karakteristik yang berbeda bentuk. Hasil simulasi menunjukkan efektivitas metode ini yaitu dengan mengkombinasi kurva rele arah arus lebih dengan relay jarak sehingga mendapatkan koordinasi yang tepat.

Kata Kunci : Arus Hubung Singkat, Koordinasi Proteksi, Rele Arus Lebih, Rele Jarak

Halaman ini sengaja dikosongkan

***BACK-UP PROTECTION OF DISTANCE RELAY
SECOND ZONE BY DIRECTIONAL OVERCURRENT
RELAYS WITH COMBINED CURVES***

Nama Mahasiswa : Ariq Arsyia Nanda
Nrp : 2214105061
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP : 196603181990101001
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M. Eng.
NIP : 197309271998031004

ABSTRACT

In this paper, a novel approach for simultaneous setting of distance and directional overcurrent relays is presented. When the line protection schemes are composed of distance relays and directional overcurrent relays the setting of the relays must be computed considering both relays. Separate relay computation would lead to loss of selectivity. If the second zone time setting is fixed, automatic determination of the settings could lead to a non-feasible situation, indicating the impossibility of finding a selective set of settings. Thus the second zone time must be manually changed until the optimization problem is feasible. In this method, the best setting for the second zone that assures selectivity could be larger than the classical setting, so, it could lead to the unfavorable timing of the second zone. In the proposed method, instead of changing the time of the second zone, the shape of the backup directional overcurrent relay would be changed adaptively with the fault location and current. The idea of reducing the overcurrent protection response times at higher fault currents is achieved using a universal protection device with a software platform that can facilitate designing time-current characteristic curves of different shapes, all in the same hardware. The simulation results indicate the effectiveness of the method.

Keywords : Short Circuit Current, Overcurrent Protection
Coordination, Distance Relays

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PERYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR ISI GAMBAR	ix
DAFTAR ISI TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penyusunan	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	4
BAB II	5
2.1 Gangguan Hubung Singkat	5
2.2 Pembangkit Tenaga Listrik	6
2.2.1 Generator / Motor Listrik	6
2.2.2 Sistem Penyaluran	7
2.2.2.1 Jaringan Transmisi	7
2.2.3 Gardu Induk.....	8
2.2.3.1 Peralatan Gardu Induk.....	9
2.3 Konversi Satuan ke dalam per-unit (<i>pu</i>).....	14
2.4 Gangguan-gangguan Pada Sistem Tenaga	15
2.4.1 Hubung Singkat satu fasa ke tanah.....	15
2.4.2 Hubung Singkat dua fasa ke tanah.....	16
2.4.3 Hubung Singkat antar fasa.....	16
2.4.4 Hubung Singkat tiga fasa ke tanah	16
BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN APP SURABAYA ..	17
3.1 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Waru	17
3.2 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Surabaya Selatan	19
3.3 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Sukolilo	21
3.4 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Sambikerep	22

3.5.	Sistem Kelistrikan Gardu Induk Hanil Jaya	24
3.6.	Sistem Kelistrikan Gardu Induk Rungkut	25
BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA PT. PLN APP		
SURABAYA		27
4.1.	Simulasi Sistem Kelistrikan	27
4.2.	Perhitungan Setting Distance Rele	27
4.2.1	Gardu Induk Waru	28
4.2.1.1	Transmisi Waru 1	28
4.2.1.2	Transmisi Waru 2	30
4.2.2	Gardu Induk Surabaya Selatan	32
4.2.2.1	Transmisi Surabaya Selatan 1	32
4.3.	Perhitungan Gangguan Rele Jarak	36
4.4.	Perhitungan Rele OCR	39
4.4.1	Perhitungan Setting Kerja Rele Arus Lebih (OCR)..	39
4.5.	Koordinasi Rele Jarak (<i>Distance Relay</i>) dan Rele Arus lebih (OCR) dengan <i>Combined Curves</i>	
4.5.1	Koordinasi Rele Jarak dan Relay Arus Lebih pada GI Waru	41
4.5.2	Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Surabaya Selatan	43
4.5.3	Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Sukolilo	45
4.5.4	Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Sambikerep	47
4.5.5	Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Hanil Jaya	49
BAB V PENUTUP		
5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		A-1
Single line diagram Gardu Induk Rungkut		A-1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS		B-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik kurva Invers berdasarkan standar IEC	10
Tabel 2.2 Jenis Rele Jarak Proteksi Saluran Transmisi	11
Tabel 3.1 Data Gardu Induk Waru.....	19
Tabel 3.2 Data Gardu Induk Surabaya Selatan.....	21
Tabel 3.3 Data Gardu Induk Sukolio.....	22
Tabel 3.4 Data Gardu Induk Sambikerep.....	23
Tabel 3.5 Data Gardu Induk Hanil Jaya.....	25
Tabel 4.1 Impedansi Sekunder	27
Tabel 4.2 Gangguan 1 fasa tiap gardu induk dilihat dari GI Rungkut	36
Tabel 4.3 Gangguan 3 fasa tiap gardu induk dilihat dari GI Rungkut	37
Tabel 4.4 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Sukolilo...	37
Tabel 4.5 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Sambikerep	37
Tabel 4.6 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Surabaya Selatan	37
Tabel 4.7 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Hanil Jaya	38
Tabel 4.8 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo	38
Tabel 4.9 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep	38
Tabel 4.10 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Waru	38
Tabel 4.11 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya	39
Tabel 4.12 Hasil setting rele arus lebih (OCR).....	40

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Kelistrikan	5
Gambar 2.2 Rangkaian setara suatu generator (mesin serempak)	6
Gambar 2.3 <i>wiring</i> tiga buah rele arus lebih (OCR)	10
Gambar 2.4 Pengaruh Infeed Akibat Adanya Unit Pembangkit di Ujung Saluran Yang Diproteksi	13
Gambar 2.5 Pengaruh Infeed Akibat perubahan Saluran	14
Gambar 3.1 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Waru ke Gardu Induk Rungkut	18
Gambar 3.2 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Surabaya Selatan ke Gardu Induk Rungkut	20
Gambar 3.3 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Sukolilo	21
Gambar 3.4 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Sambikerep	23
Gambar 3.5 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Hanil Jaya	24
Gambar 3.6 <i>Single line diagram</i> Gardu Induk Rungkut	25
Gambar 4.1 Arah Zona Gangguan	39
Gambar 4.2 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Waru	42
Gambar 4.3 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Surabaya Selatan	44
Gambar 4.4 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Sambikerep	46
Gambar 4.6 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Hanil Jaya	50

Halaman ini sengaja dikosongkan

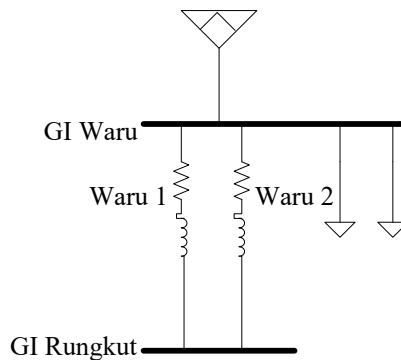
BAB III

SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN APP SURABAYA

PT. PLN APP Surabaya merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan tenaga listrik untuk masyarakat yang berada di daerah Surabaya, Jawa Timur. PT PLN APP Surabaya memiliki beberapa gardu induk. Salah satu diantaranya adalah Gardu Induk Rungkut. Gardu induk rungkut mendapatkan suplai dari 2 gardu induk yaitu gardu induk waru dan gardu induk surabaya selatan. Pada gardu induk waru mendapatkan sumber sebesar 3925 MV_{asc} dan juga pada gardu induk surabaya selatan mendapatkan sumber sebesar 3925 MV_{asc} dengan sistem transmisi sebesar 150 kV.

3.1. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Waru

Pada gardu induk waru mendapatkan sumber sebesar 3925 MV_{asc} dan menyalurkan ke 2 beban yaitu beban pertama sebesar 11,7 MVA dan beban kedua sebesar 21,5 MVA. Pada gardu induk waru akan juga akan menyuplai gardu induk rungkut dengan 2 buah transmisi yaitu transmisi waru 1 dan transmisi waru 2. Susunan *single line diagram* gardu induk waru dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Single line diagram* Gardu Induk Waru ke Gardu Induk Rungkut

Pada sistem transmisi yang menghubungkan antara gardu induk waru dengan gardu induk rungkut memiliki beberapa data. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1

Pada sistem tersebut sebelum terjadi perubahan pada CT yaitu perubahan CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki data sebagai berikut ini:

Tabel 3.1 Data Gardu Induk Waru Sebelum Pergantian CT

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
WARU 1	0,0489	0,1909	4,76 Km	1600/5	154/0,11
WARU 2	0,0489	0,1909	4,76 Km	1600/5	154/0,11

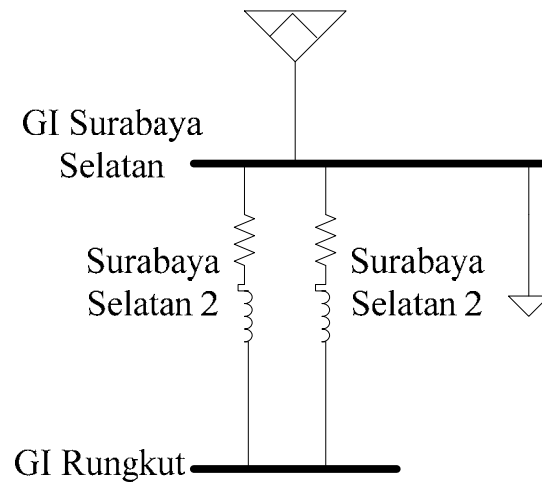
Dan setelah perubahan CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki data-data sebagai berikut ini :

Tabel 3.2 Data Gardu Induk Waru Setelah Pergantian CT

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
WARU 1	0,0489	0,1909	4,76 Km	2000/5	154/0,11
WARU 2	0,0489	0,1909	4,76 Km	2000/5	154/0,11

3.2. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Surabaya Selatan

Pada gardu induk surabaya selatan mendapatkan sumber sebesar 3925 MVasc dan menyalurkan ke beban yaitu beban dengan daya sebesar 41,2 MVA. Pada gardu induk surabaya selatan akan juga akan menyuplai gardu induk rungkut dengan 2 buah transmisi yaitu transmisi surabaya selatan 1 dan transmisi surabaya selatan 2. Susunan *single line diagram* gardu induk surabaya selatan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Single line diagram* Gardu Induk Surabaya Selatan ke Gardu Induk Rungkut

Pada sistem transmisi yang menghubungkan antara gardu induk surabaya selatan dengan gardu induk rungkut memiliki beberapa data. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3

Pada sistem tersebut sebelum terjadi perubahan pada CT yaitu perubahan CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki data sebagai berikut ini:

Tabel 3.3 Data Gardu Induk Surabaya Selatan sebelum perubahan CT

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
SbySel 1	0,0387	0,287	6,775 Km	2000/5	154/0,11
SbySel 2	0,0387	0,287	6,775Km	800/5	154/0,11

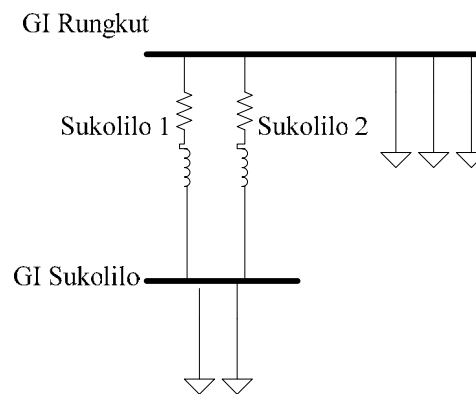
Dan setelah perubahan CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki data-data sebagai berikut ini :

Tabel 3.4 Data Gardu Induk Surabaya Selatan sebelum perubahan CT

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
SbySel 1	0,0387	0,287	6,775 Km	2000/5	154/0,11
SbySel 2	0,0387	0,287	6,775Km	800/5	154/0,11

3.3. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Sukolilo

Pada gardu induk sukolilo menyalurkan ke 3 beban yaitu beban 1 dengan daya sebesar 51,2 MVA, beban 2 dengan daya sebesar 41,7 MVA dan beban 3 dengan daya 32,2 MVA. Pada gardu induk sukolilo selatandisuplai gardu induk rungkut dengan 2 buah transmisi yaitu transmisi sukolilo 1 dan transmisi sukolilo 2. Susunan *single line diagram* gardu induk sukolilo dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Single line diagram* Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Sukolilo

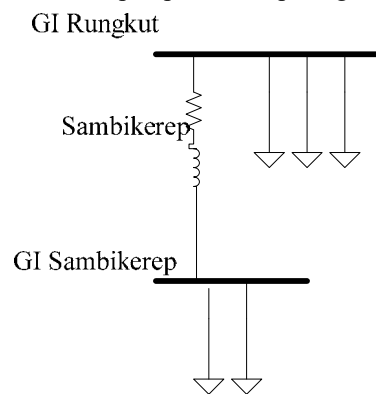
Pada sistem transmisi yang menghubungkan antara gardu induk rungkut dengan gardu induk sukolilo memiliki beberapa data. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Data Gardu Induk Sukolio.

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
SbySel 1	0,0387	0,287	6,775 Km	2000/5	154/0,11
SbySel 2	0,0387	0,287	6,775Km	800/5	154/0,11

3.4. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Sambikerep

Pada gardu induk sambikerep menyalurkan ke 2 beban yaitu beban 1 dengan daya sebesar 34,4 MVA, beban 2 dengan daya sebesar 42,7 MVA. Pada gardu induk sambikerep disuplai dari gardu induk rungkut dengan sebuah transmisi yaitu transmisi sambikerep. Susunan *single line diagram* gardu induk sambikerep dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Single line diagram* Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Sambikerep

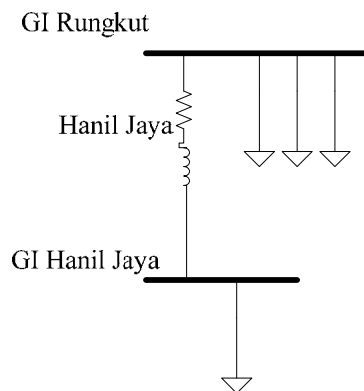
Pada sistem transmisi yang menghubungkan antara gardu induk rungkut dengan gardu induk sambikerep memiliki beberapa data. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Data Gardu Induk Sambikerep.

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
Sambikerep	0,0444	0,193	12,547 Km	2000/5	154/0,11

3.5. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Hanil Jaya

Pada gardu induk hanil jaya menyalurkan ke beban yaitu beban dengan daya sebesar 36,67 MVA. Pada gardu induk hanil jaya disuplai dari gardu induk rungkut dengan sebuah transmisi yaitu transmisi sambikerep. Susunan *single line diagram* gardu induk hanil jaya dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Single line diagram* Gardu Induk Rungkut ke Gardu Induk Hanil Jaya

Pada sistem transmisi yang menghubungkan antara gardu induk rungkut dengan gardu induk Hanil Jaya memiliki beberapa data. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.7

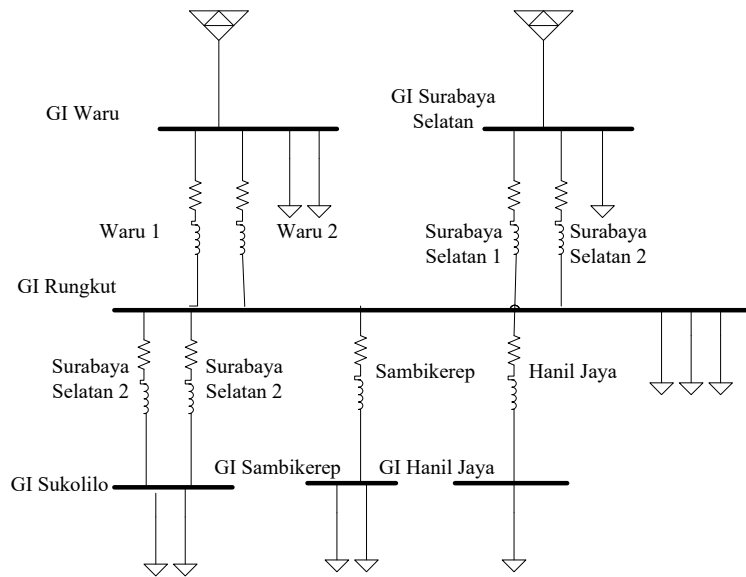
Tabel 3.7 Data Gardu Induk Hanil Jaya.

Nama Transmisi	Impedansi		Panjang Saluran	CT	PT
	R	X			
Sambikerep	0,0565	0,1125	0,427 Km	800/1	150/0,11

3.6. Sistem Kelistrikan Gardu Induk Rungkut

Pada gardu induk rungkutmendapatkan suplai daya dari gardu induk waru dan gardu induk surabaya selatan. pada gardu induk rungkut terdapat 3 beban yaitu beban 1 dengan daya sebesar 31,4 MVA, beban 2 dengan daya sebesar 43,3 MVA dan beban 3 dengan daya sebesar 20,4 MVA Susunan *single line diagram* gardu induk rungkut jaya dapat dilihat pada gambar 3.6.

Pada sistem Gardu Induk Rungkut ini memiliki beberapa saluran yaitu saluran yang berada pada zona kedua dari sumber Gardu Induk Waru dan dari Gardu Induk Surabaya Selatan. dari Gardu Induk Waru terdapat dua buah transmisi yaitu Waru 1 dan Waru 2 yang terhubung pada Gardu Induk Rungkut. Dan juga pada Gardu Induk Surabaya Selatan memiliki dua buah transmisi yaitu transmisi Surabaya Selatan 1 dan Surabaya Selatan 2. Lalu akan dialirkan ke Gardu Induk Sukolilo dengan melewati transmisi Sukolilo 1 dan Sukolilo 2. Ke arah Gardu Induk Sambikerep dengan melewati transmisi Sambikerep. Dan ke arah Gardu Induk Hanil Jaya dengan melewati transmisi Hanil Jaya.



Gambar 3.6 *Single line diagram* Gardu Induk Rungkut

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISA PT. PLN APP SURABAYA

4.1. Simulasi Sistem Kelistrikan

Simulasi sistem kelistrikan PT. PLN APP Surabaya dengan menggunakan software ETAP. Dimana pada *software* ini dilakukan analisa kemampuan *loadflow*, analisa hubung singkat dan koordinasi proteksi rele jarak dan arus lebih.

4.2. Perhitungan Setting Distance Rele

Rele jarak (distance relay) merupakan proteksi yang paling utama pada saluran transmisi. Rele jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur didalam batas setting, maka rele akan bekerja.

Di sebut rele jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Oleh karena itu, rele jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi terhadap rele proteksi. Impedansi yang diukur dapat berupa Z, R saja ataupun X saja, tergantung jenis rele yang dipakai.

Perhitungan Impedansi zona sekunder didapatkan dari rumus :

$$Z_{\text{sekunder}} = \frac{CT}{PT} \times Z_{\text{primer}}$$

4.1 Tabel Impedansi Sekunder

Komponen	CT	PT	Z primer	Zsekunder
Waru 1	2000/5	154/0,11	0,23764+j0,90 8684	0,066504+j0,0 604
Waru 2	2000/5	154/0,11	0,23764+j0,90 8684	0,066504+j0,0 604
Sambikerep	2000/5	154/0,11	0,557+j2,42	0,159+j0,385
Sukolilo 1	1600/5	154/0,11	0,33+j1,2	0,0754+J0,274
Sukolilo 2	2000/5	154/0,11	0,33+j1,2	0,094+j0,34
Surabaya Selatan 1	2000/5	154/0,11	0,3597+j0,287	0,103+j0,082

Surabaya Selatan 2	800/5	154/0,11	0,3597+j0,287	0,041+j0,033
Hanil Jaya	800/1	150/0,11	0,024+j0,048	0,014+j0,028

Ada beberapa rumus setting zona yaitu :

Zona 1 = 80% x Zsekunder zona 1

Zona 2 = 80% x (Zsekunder zona 1 + (k . 80%Zsekunder zona 2))

Zona 3 = 80% x (Zsekunder zona 1 + (k . 120%Zsekunder zona 2))

4.2.1 Gardu Induk Waru

4.2.1.1 Transmisi Waru 1

Setting Zona 1 dari GI Waru ke GI Rungkut lewat transmisi waru 1

Zona 1 = 80% (0,066504+j0,0604)

= 0,053203+j0,207699 = 0,2144 Ω ; $\theta=75,63$

Zona 2

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, k = 2

Zona 2 = 80%[(0,066504+j0,0604)+(2.80%(0,0754+j0,274))]

= 0,15+j0,586= 0,61 Ω ; $\theta= 73,82$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, k = 2

Zona 2 = 80%[(0,066504+j0,0604)+(2.80%(0,094+j0,34))]

= 0,17+j0,48= 0,5 Ω ; $\theta= 70,5$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, k = 2

Zona 2 = 80%[(0,066504+j0,0604)+(2.80%(0,159+j0,385))]

= 0,257+j1,093= 1,13 Ω ; $\theta= 76,77$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, k = 2

Zona 2 = 80%[(0,066504+j0,0604)+(2.80%(0,014+j0,028))]

= 0,07132+j0,243772= 0,254 Ω ; $\theta= 73,69$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.80\%(0,103+j0,082))] \\ &= 0,1848+j1,1833= 1,1976\Omega; \theta= 81,12\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.80\%(0,041+j0,033))] \\ &= 0,10583+j0,598= 0,6073\Omega; \theta= 79,96\end{aligned}$$

Zona 3

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,1986+j0,7753= 0,8\Omega; \theta= 75,63\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,235+j0,917= 0,947\Omega; \theta=75,62\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,3588+j1,536= 1,577\Omega; \theta= 76,85\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,08+j0,26= 0,272\Omega; \theta= 72,9\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,103+j0,082))] \\ &= 0,251+j1,671= 1,69\Omega; \theta= 81,46\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,120\%(0,041+j0,033))] \\ &= 0,132+j0,793 = 0,81\Omega; \theta = 80,55\end{aligned}$$

4.2.1.2 Transmisi Waru 2

Setting Zona 1 dari GI Waru ke GI Rungkut lewat transmisi waru 1

$$\begin{aligned}\text{Zona 1} &= 80\% (0,066504+j0,0604) \\ &= 0,053203+j0,207699 = 0,2144 \Omega; \theta = 75,63\end{aligned}$$

Zona 2

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,80\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,15+j0,586 = 0,61\Omega; \theta = 73,82\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,80\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,17+j0,48 = 0,5\Omega; \theta = 70,5\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,80\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,257+j1,093 = 1,13\Omega; \theta = 76,77\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,80\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,07132+j0,243772 = 0,254\Omega; \theta = 73,69\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2,80\%(0,103+j0,082))] \\ &= 0,1848+j1,1833 = 1,1976\Omega; \theta = 81,12\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.80\%(0,041+j0,033))] \\ &= 0,10583+j0,598= 0,6073\Omega; \theta= 79,96\end{aligned}$$

Zona 3

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,1986+j0,7753= 0,8\Omega; \theta= 75,63\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,235+j0,917= 0,947\Omega; \theta=75,62\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,3588+j1,536= 1,577\Omega; \theta= 76,85\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,08+j0,26= 0,272\Omega; \theta= 72,9\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,103+j0,082))] \\ &= 0,251+j1,671 = 1,69\Omega; \theta= 81,46\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Waru ke GI Surabaya Selatan lewat transmisi surabaya selatan 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\text{Zona 3} = 80\%[(0,066504+j0,0604)+(2.120\%(0,041+j0,033))]$$

$$= 0,132+j0,793= 0,81\Omega; \theta= 80,55$$

4.2.2 Gardu Induk Surabaya Selatan

4.2.2.1 Transmisi Surabaya Selatan 1

Setting Zona 1 dari GI Surabaya Selatan ke GI Rungkut lewat transmisi surabaya selatan 1

$$\begin{aligned}\text{Zona 1} &= 80\% (0,103+j0,082) \\ &= 0,082+j0,066 = 0,105 \Omega; \theta=38,83\end{aligned}$$

Zona 2

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,179+j0,988= 0,51\Omega; \theta= 70,5\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,203+j1,083= 1,1\Omega; \theta= 79,38\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,286+j1,495= 1,522\Omega; \theta= 79,17\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,1+j0,646= 0,65\Omega; \theta= 81,2\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,167+j0,942= 0,955\Omega; \theta= 80,36\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.80\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,167+j0,942= 0,955\Omega; \theta= 80,36\end{aligned}$$

Zona 3

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,228+j1,177= 1,199\Omega; \theta= 79,04\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,264+j1,32=1,35\Omega; \theta=78,69\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,388+j1,938= 1,976\Omega; \theta= 78,68\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,109+j0,664= 0,673\Omega; \theta= 80,68\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,21+1,108 = 1,13\Omega; \theta= 79,27\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,103+j0,082)+(2.120\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,21+j1,108 = 1,13\Omega; \theta = 79,27\end{aligned}$$

4.1.1.1 Transmisi Surabaya Selatan 2

Setting Zona 1 dari GI Surabaya Selatan ke GI Rungkut lewat transmisi surabaya selatan 1

$$\begin{aligned}\text{Zona 1} &= 80\% (0,041+j0,033) \\ &= 0,03289+j0,243911 = 0,246\Omega; \theta = 82,32\end{aligned}$$

Zona 2

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,13+j0,622 = 0,635\Omega; \theta = 78,2\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,15405+j0,7169 = 0,733\Omega; \theta = 77,87\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,237+j1,13 = 1,16\Omega; \theta = 78,15\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,051+j0,28 = 0,285\Omega; \theta = 79,68\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,118+j0,576= 0,588\Omega; \theta= 78,423\end{aligned}$$

Setting Zona 2 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 2} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.80\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,118+j0,576= 0,588\Omega; \theta= 78,423\end{aligned}$$

Zona 3

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,0754+j0,274))] \\ &= 0,1782+j0,8115= 0,83\Omega; \theta=77,61\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo lewat transmisi sukolilo 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,094+j0,34))] \\ &= 0,215+j0,953=0,977\Omega; \theta=77,29\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep lewat transmisi sambikerep

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,159+j0,385))] \\ &= 0,338+j1,572= 1,608\Omega; \theta= 77,87\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya lewat transmisi hanil jaya

Dengan transmisi ganda ke tunggal maka, $k = 2$

$$\begin{aligned}\text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,014+j0,028))] \\ &= 0,06+j0,298= 0,303\Omega; \theta= 78,61\end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 1

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned} \text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,16+j0,742 = 0,76\Omega; \theta=77,83 \end{aligned}$$

Setting Zona 3 dari GI Surabaya Selatan ke GI Waru lewat transmisi waru 2

Dengan transmisi ganda ke ganda maka, $k = 2$

$$\begin{aligned} \text{Zona 3} &= 80\%[(0,041+j0,033)+(2.120\%(0,066504+j0,0604))] \\ &= 0,16+j0,742 = 0,76\Omega; \theta=77,83 \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Gangguan Rele Jarak

Perhitungan R_f , jika gangguan berada di GI Waru (dilihat dari GI Rungkut)

- Gangguan 1 \emptyset
 - kVf = Tegangan gangguan
 - $I_{f-1\emptyset}$ = Arus gangguan 1 \emptyset

Maka,

$$\begin{aligned} Z_{r1} &= \frac{kVf}{\sqrt{3} \cdot I_{f-1\emptyset}} \\ Z_{sekunder} &= \frac{CT}{PT} \times Z_{r1} \end{aligned}$$

- Gangguan 3 \emptyset
 - kVf = Tegangan gangguan
 - $I_{f-3\emptyset}$ = Arus gangguan 3 \emptyset

Maka,

$$\begin{aligned} Z_{r3} &= \frac{\sqrt{3} \cdot kVf}{I_{f-3\emptyset}} \\ Z_{sekunder} &= \frac{CT}{PT} \times Z_{r3} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Gangguan 1 fasa tiap gardu induk dilihat dari GI Rungkut

Gardu Induk	Tegangan Bus	Gangguan 1 fasa
Waru	77,05 kV	41,36 kA
Sambikerep	88,35 kV	14,16 kA
Sukolilo	70,55 kV	25,4 kA
Surabaya Selatan	82,57 kV	19,86 kA
Hanil Jaya	20,79 kV	28 kA

Tabel 4.3 Gangguan 3 fasa tiap gardu induk dilihat dari GI Rungkut

Gardu Induk	Tegangan Bus	Gangguan 3 fasa
Waru	27,97 kV	32,19 kA
Sambikerep	82,15 kV	38,72 kA
Sukolilo	33,95 kV	25,59 kA
Surabaya Selatan	42,63 kV	30,66 kA
Hanil Jaya	7,89 kV	31,87 kA

Setelah diketahui gangguan tiap fasa dalam gardu induk maka dimasukkan dalam rumus dan akan mendapatkan setting zona gangguan.

Tabel 4.4 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Sukolilo

Gangguan	Rele Waru 1 & Waru 2		Rele Sukolilo1 & Sukolilo2	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,366	2
3 fasa	0	1	0,525	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.5 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Sambikerep

Gangguan	Rele Waru 1 & Waru 2		Rele Sukolilo Sambikerep	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	1,029	2
3 fasa	0	1	1,049	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.6 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Surabaya Selatan

Gangguan	Rele Waru 1 & Waru 2		Rele SbySel 1 & SbySel 2	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,685	2
3 fasa	0	1	0,688	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.7 Nilai Impedansi gangguan di GI Waru ke GI Hanil Jaya

Gangguan	Rele Waru 1 & Waru 2		Rele Hanil Jaya	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,251	2
3 fasa	0	1	0,251	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.8 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Sukolilo

Gangguan	Rele SbySel 1 & SbySel 2		Rele Sukolilo1 & Sukolilo2	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,366	2
3 fasa	0	1	0,525	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.9 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Sambikerep

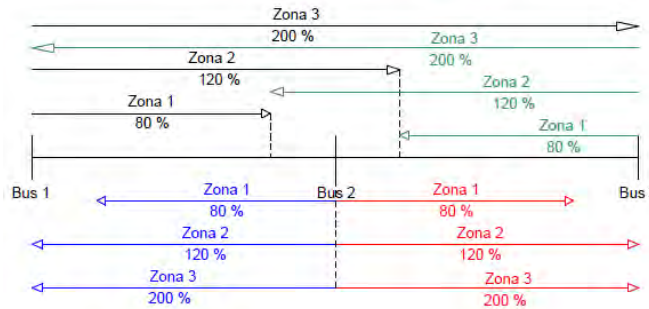
Gangguan	Rele SbySel 1 & SbySel 2		Rele Sukolilo Sambikerep	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	1,029	2
3 fasa	0	1	1,049	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.10 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Waru

Gangguan	Rele SbySel 1 & SbySel 2		Rele Waru 1 & Waru 2	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,307	2
3 fasa	0	1	0,429	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik

Tabel 4.11 Nilai Impedansi gangguan di GI Surabaya Selatan ke GI Hanil Jaya

Gangguan	Rele SbySel 1 & SbySel 2		Rele Hanil Jaya	
	Impedansi	Zona	Impedansi	Zona
1 fasa	0	1	0,251	2
3 fasa	0	1	0,251	2
Time Operasi		0 detik	-	0,4 detik



Gambar 4.1 Arah Zona Gangguan

Secara logika teori, jika lokasi gangguan semakin jauh dari sumber, maka impedansi gangguan semakin besar dan akibatnya arus gangguan semakin kecil. Berdasarkan logika tersebut. Terlihat bahwa arus gangguan pada bus 2 lebih kecil bila dibandingkan dengan arus gangguan pada bus 1 & 3.

4.4. Perhitungan Rele OCR

4.4.1 Perhitungan Setting Kerja Rele Arus Lebih (OCR)

Rele arus lebih (*Over current Relay*) harus disetting diatas arus beban maksimum dan dibawah arus hubung singkat minimum, artinya pada saat sistem dalam keadaan beban puncak maka rele tidak diharapkan *trip* oleh karena hal tersebut bukan merupakan sebuah gangguan. Sebaliknya, rele diharapkan mampu mendeteksi arus gangguan sekecil mungkin yang dapat mengganggu kinerja dari sistem.

Dalam perhitungan setting rele ada dua hal yang perlu dilakukan yaitu setting arus dan setting waktu operasi rele. Perhitungan rele arus lebih pada jaringan tenaga listrik dimulai dari rele pada bus penyalur ke beban dalam hal ini bus 2. Pada jaringan konfigurasi ring terdapat dua

prosedur dalam melakukan setting waktu rele OCR yaitu prosedur pengurutan waktu searah jarum jam (*clockwise*) dan pengurutan waktu berlawanan arah jarum jam (*anticlockwise*).

Dari perhitungan sehingga diperoleh setting arus rele arus lebih dari hasil perhitungan adalah sebagai

Tabel 4.12 Hasil setting rele arus lebih (OCR)

Lokasi	Rele	Isc max (kA)	CT Rasio		Iset (Perhitungan)		TDS
			Primer	Sekunder	Low Set	High Set	
Waru 1	1	8,22	2000	5	487,9	3744	0,855
	2	7,07	2000	5	487,9	4712	0,577
Waru 2	1	8,22	2000	5	487,9	3744	0,855
	2	7,07	2000	5	487,9	4712	0,577
Sambikerep	1	14,19	2000	5	310,9	8880	0,489
	2	14,19	2000	5	310,9	8880	0,163
Sukolilo 1	1	11,55	1600	5	252,3	6952	0,482
	2	11,55	1600	5	252,3	6952	0,160
Sukolilo 2	1	11,55	2000	5	252,3	6952	0,482
	2	11,55	2000	5	252,3	6952	0,160
Surabaya Selatan 1	1	7,38	2000	5	183,6	3744	1,11
	2	6,1	2000	5	183,6	4064	0,750
Surabaya Selatan 2	1	7,38	800	5	183,6	3744	1,11
	2	6,1	800	5	183,6	4064	0,750
Hanil Jaya	1	31,14	800	1	148,5	17144	0,707
	2	31,14	800	1	148,5	17144	0,236

Pada rele diatas dipasang atau diletakan beberapa *DOCR(Directional Over Current Relay)* pada beberapa tempat yaitu pada bagian 2 pada Waru 1 dan Waru 2 pada relay 2. *DOCR* juga terpasang pada Surabaya Selatan 1 an Surabaya selatan 2 pada relay 2 untuk mengetahui arah arus pada saat hubung singkat berlangsung.

4.5. Koordinasi Rele Jarak (*Distance Relay*) dan Rele Arus lebih (OCR) dengan *Combined Curves*

Rele yang digunakan dalam sistem ini terdiri dari dua jenis yaitu Rele Distance dan Rele Over Current, dimana rele Distance merupakan main protection atau pengaman utama sedangkan rele over current

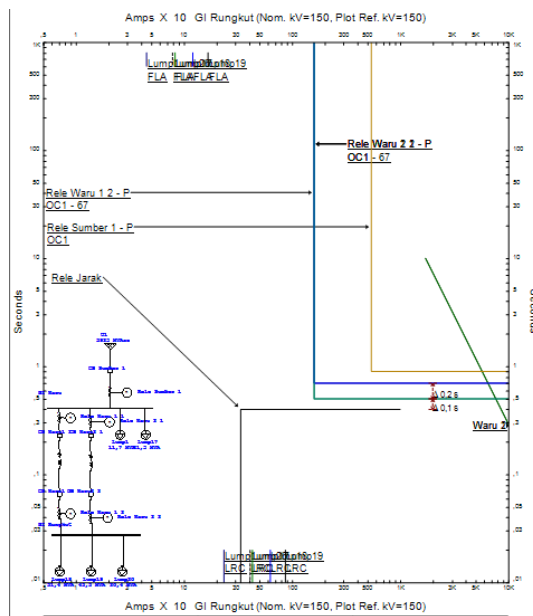
merupakan backup protection atau pengaman cadangan namun kedua rele tersebut sangat penting untuk pengaman sistem jaringan. Sistem metode dari koordinasi ini adalah *combined curves* yaitu dengan mengkombinasi dua kurva antara rele jarak dan OCR. Koordinasi kerja dari rele distance dan rele over current ditunjukkan sebagai berikut;

4.5.1 Koordinasi Rele Jarak dan Relay Arus Lebih pada GI Waru

Pada saat sebelum pergantian CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki koordinasi sebagai berikut:

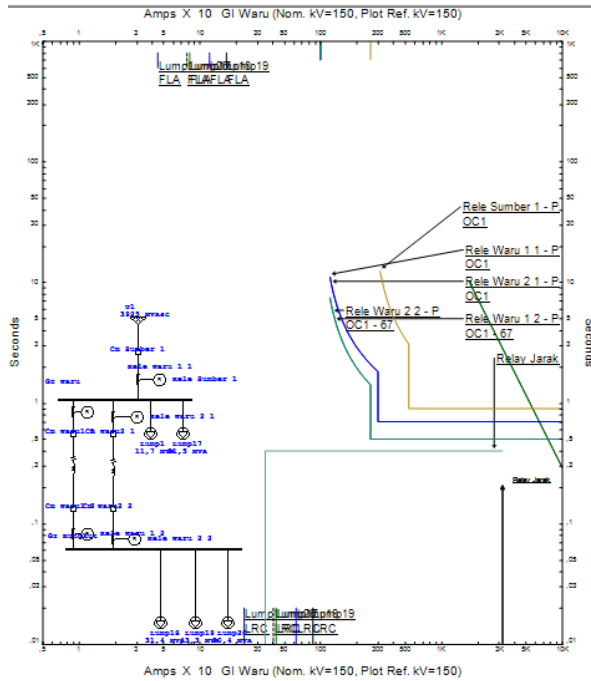
Tabel 4.13 Data Sebelum Pergantian

Transmisi	Rele Jarak			Rele Arus Lebih		
	Z1	Z2	Z3	CT	Iset	Delay
Waru 1	0,22	0,448	1,44	1600/5	1600	0,5
Waru 2	0,22	0,448	1,44	1600/5	1600	0,5



Gambar 4.2 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Waru Sebelum Pergantian

Distance R1 = 0 Ω ; Zona 1; Time operasi : 0 s
 OCR waru 1 = Time operasi : 0,5 s
 OCR waru 2 = Time operasi : 0,5 s
 Distance R2= 0,429 Ω ; Zona 2; Time operasi : 0,4s
 OCR waru 1 = Time operasi : 0,7 s
 OCR waru 2 = Time operasi : 0,7 s



Gambar 4.3 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Waru Setelah Pergantian

Dari data diatas saat gangguan di GI Waru maka rele yang bekerja lebih dulu adalah rele Distance R1 yang mendeteksi gangguan di Zona 1 dan time operasinya 0 detik (instan), setelah Distance R1 operasi disusul rele Distance R2 akan beroperasi setelah 0,4 detik kemudian karena Distance R2 merasakan gangguan berada di Zona2. Namun apabila terjadi

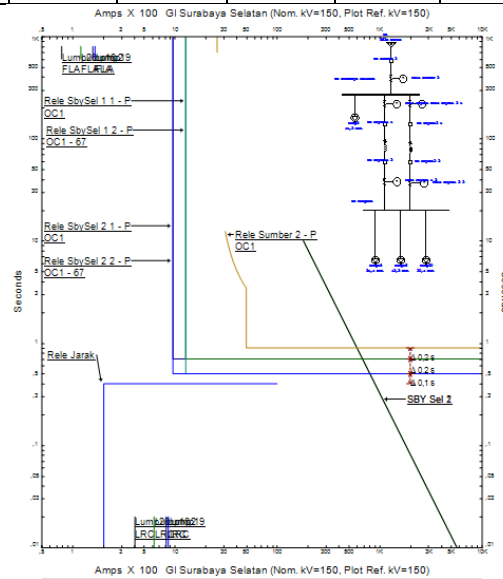
kegagalan operasi pada rele Distance R1 maka rele cadangan yaitu OCR Waru 1 1 dan Waru 2 1 akan bekerja setelah 0,7 detik setelah terjadinya gangguan baru disusul Distance R2 pada 0,4 detik setelah gangguan.

4.5.2 Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Surabaya Selatan

Pada saat sebelum pergantian CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki koordinasi sebagai berikut:

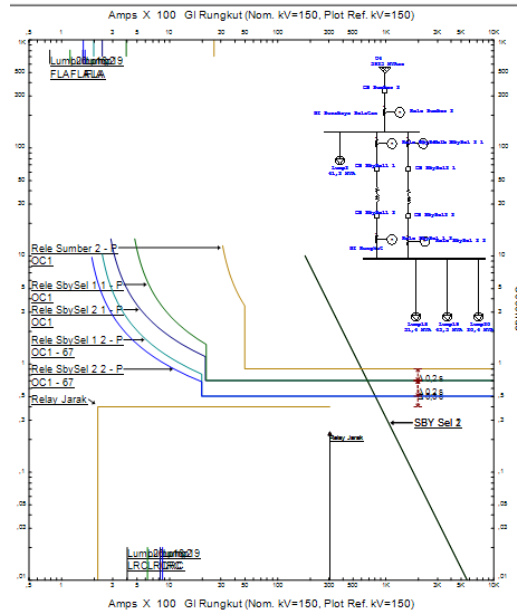
Tabel 4.14 Data Sebelum Pergantian

Transmisi	Rele Jarak			Rele Arus Lebih		
	Z1	Z2	Z3	CT	Iset	Delay
Surabaya Selatan 1	0,612	0,96	1,52	1600/5	1200	0,43
Surabaya Selatan 2	0,49	0,74	1,22	800/5	960	0,43



Gambar 4.4 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Surabaya Selatan Sebelum Pergantian

Distance R3 = 0 Ω ; Zona 1; Time operasi : 0 s
 OCR SbySel 1 = Time operasi : 0,5 s
 OCR SbySel 2 = Time operasi : 0,5 s
 Distance R4= 0,688 Ω ; Zona 2; Time operasi : 0,4s
 OCR SbySel 1 = Time operasi : 0,7 s
 OCR SbySel 2 = Time operasi : 0,7 s



Gambar 4.5 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Surabaya Selatan Setelah Pergantian

Dari data diatas saat gangguan di GI Surabaya Selatan maka rele yang bekerja lebih dulu adalah rele Distance R3 yang mendeteksi gangguan di Zona 1 dan time operasinya 0 detik (instan), setelah Distance R3 operasi disusul rele Distance R4 akan beroperasi setelah 0,4 detik kemudian karena Distance R4 merasakan gangguan berada di Zona2. Namun apabila terjadi kegagalan operasi pada rele Distance R3 maka rele cadangan

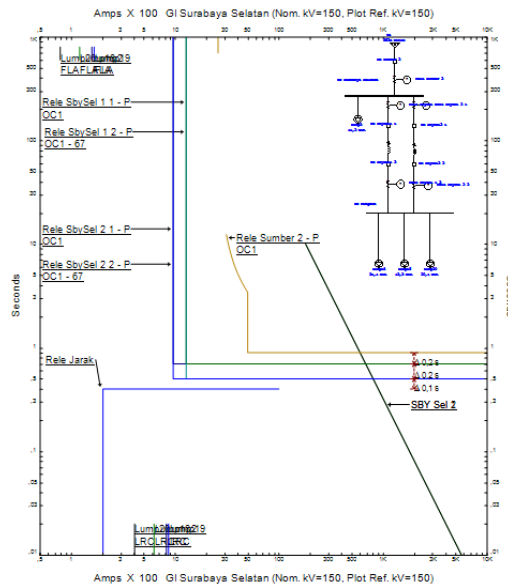
yaitu OCR Surabaya Selatan 1 1 dan Surabaya Selatan 2 1 akan bekerja setelah 0,7 detik setelah terjadinya gangguan baru disusul Distance R4 pada 0,4 detik setelah gangguan.

4.5.3 Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Sukolilo

Pada saat sebelum pergantian CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki koordinasi sebagai berikut:

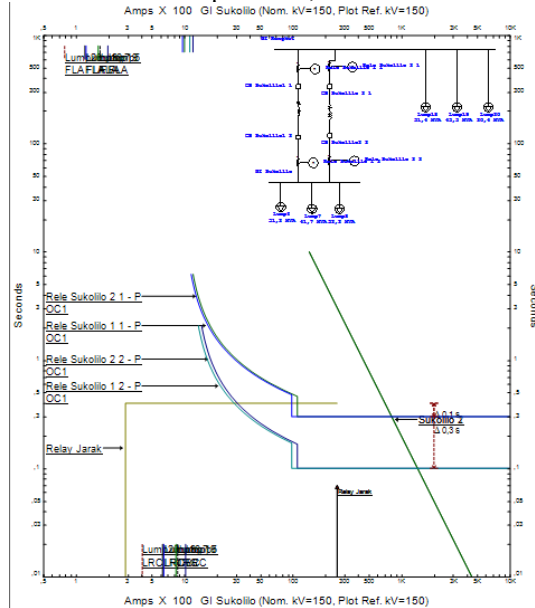
Tabel 4.15 Data Sebelum Pergantian

Transmisi	Rele Jarak			Rele Arus Lebih		
	Z1	Z2	Z3	CT	Iset	Delay
Sukolilo 1	0,32	0,48	1	1600/5	1600	0,5
Sukolilo 2	0,448	0,66	1,1	2000/5	1600	0,5



Gambar 4.6 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Sukolilo Sebelum Pergantian

Distance R5 = 0 Ω ; Zona 1; Time operasi : 0 s
 OCR Sukolilo 1 = Time operasi : 0,1 s
 OCR Sukolilo 2 = Time operasi : 0,1 s
 Distance R6= 0,525 Ω ; Zona 2; Time operasi : 0,4s
 OCR Sukolilo 1 = Time operasi : 0,3 s
 OCR Sukolilo 2 = Time operasi : 0,3 s



Gambar 4.7 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Sukolilo Setelah Pergantian

Dari data diatas saat gangguan di GI Sukolilo maka rele yang bekerja lebih dulu adalah rele Distance R5 yang mendeteksi gangguan di Zona 1 dan time operasinya 0 detik (instan), setelah Distance R5 operasi disusul rele Distance R6 akan beroperasi setelah 0,4 detik kemudian karena Distance R6 merasakan gangguan berada di Zona2. Namun apabila terjadi kegagalan operasi pada rele Distance R3 maka rele cadangan yaitu OCR Sukolilo 1 1 dan Sukolilo 2 1 akan bekerja setelah 0,3

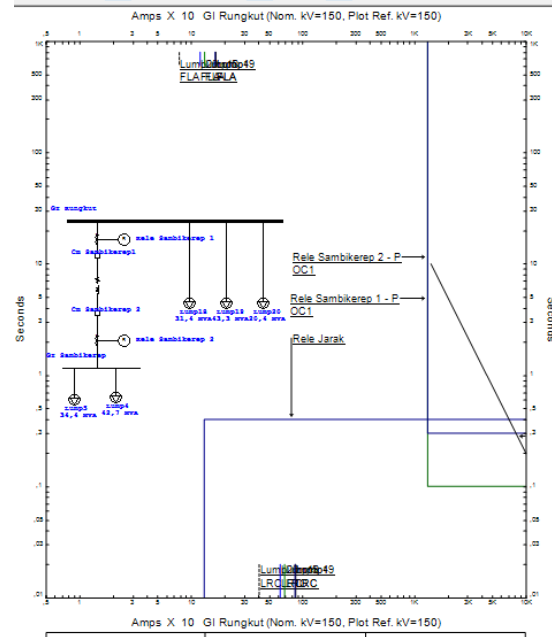
detik setelah terjadinya gangguan baru disusul Distance R6 pada 0,4 detik setelah gangguan.

4.5.4 Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Sambikerep

Pada saat sebelum pergantian CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki koordinasi sebagai berikut:

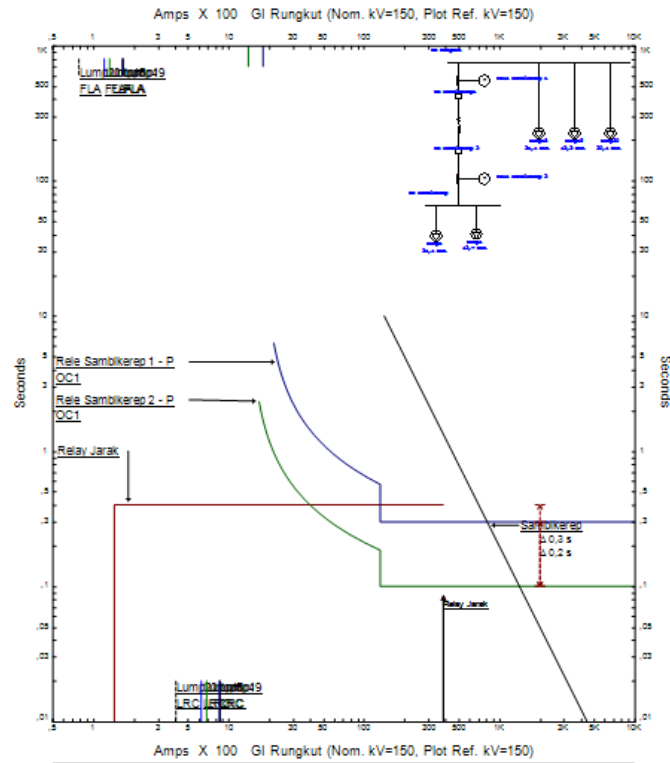
Tabel 4.16 Data Sebelum Pergantian

Transmisi	Rele Jarak			Rele Arus Lebih		
	Z1	Z2	Z3	CT	Iset	Delay
Sambikerep	0,794	1,142	2,21	1600/5	1600	0,4



Gambar 4.8 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Sambikerep Sebelum Pergantian

Distance R7 = 0 Ω ; Zona 1; Time operasi : 0 s
 OCR Sambikerep 1 = Time operasi : 0,1 s
 Distance R8= 1,049 Ω ; Zona 2; Time operasi : 0,4s
 OCR Sambikerep 1 = Time operasi : 0,3 s



Gambar 4.9 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Sambikerep Setelah Pergantian

Dari data diatas saat gangguan di GI Sambikerep maka rele yang bekerja lebih dulu adalah rele Distance R7 yang mendeteksi gangguan di Zona 1 dan time operasinya 0 detik (instan), setelah Distance R7 operasi disusul rele Distance R8 akan beroperasi setelah 0,4 detik kemudian karena Distance R8

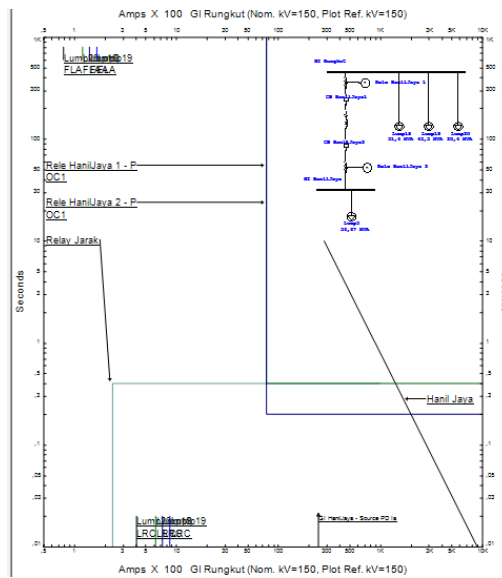
merasakan gangguan berada di Zona2. Namun apabila terjadi kegagalan operasi pada rele Distance R7 maka rele cadangan yaitu OCR Sambikerep 1 akan bekerja setelah 0,3 detik setelah terjadinya gangguan baru disusul Distance R8 pada 0,4 detik setelah gangguan.

4.5.5 Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih pada GI Rungkut arah GI Hanil Jaya

Pada saat sebelum pergantian CT dari 1600/5 menjadi 2000/5 memiliki koordinasi sebagai berikut:

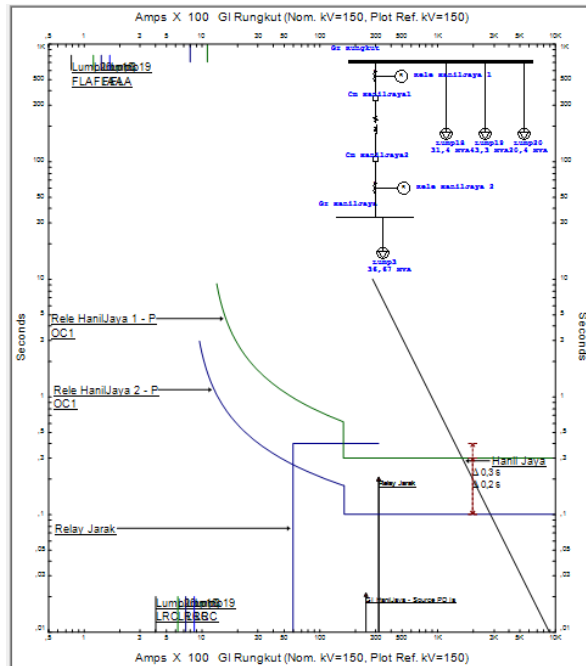
Tabel 4.17 Data Sebelum Pergantian

Transmisi	Rele Jarak			Rele Arus Lebih		
	Z1	Z2	Z3	CT	Iset	Delay
Hanil Jaya	0,3	0,63	1,2	1600/5	1600	0,4



Gambar 4.6 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Hanil Jaya Sebelum Pergantian

Distance R9 = 0 Ω ; Zona 1; Time operasi : 0 s
 OCR Sambikerep 1 = Time operasi : 0,1 s
 Distance R10= 0,251 Ω ; Zona 2; Time operasi : 0,4s
 OCR Sambikerep 1 = Time operasi : 0,3 s



Gambar 4.6 Plot koordinasi rele jarak dan OCR GI Rungkut arah GI Hanil Jaya Setelah Pergantian

Dari data diatas saat gangguan di GI Hanil Jaya maka rele yang bekerja lebih dulu adalah rele Distance R9 yang mendeteksi gangguan di Zona 1 dan time operasinya 0 detik (instan), setelah Distance R9 operasi disusul rele Distance R10 akan beroperasi setelah 0,4 detik kemudian karena Distance R10 merasakan gangguan berada di Zona2. Namun apabila terjadi kegagalan operasi pada rele Distance R9 maka rele cadangan yaitu OCR Hanil Jaya 1 akan bekerja setelah 0,3 detik setelah

terjadinya gangguan baru disusul Distance R10 pada 0,4 detik setelah gangguan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa koordinasi proteksi rele arus lebih dengan rele jarak menggunakan metode *combined curves* di PT. PLN APP Surabaya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisa dari rele jarak pada GI Waru memiliki setting rele jarak pada Zona 1 sebesar $0,2144 \Omega$; $\theta=75,63$ dan Zona 2 dengan impedansi terbesar $1,13\Omega$; $\theta= 76,77$ dan Zona 3 dengan impedansi terbesar $1,577\Omega$; $\theta= 76,85$ dengan catatan waktu operasi 0,4 detik pada impedansi $0,429 \Omega$ di zona 2 pada saat hubung singkat 3 fasa dengan back-up rele OCR pada transmisi Waru 1 dan Waru 2 dengan waktu trip 0,5 dan 0,7. Dengan pada zona kedua di GI Sukolilo, GI Sambikerep serta GI Hanil Jaya memiliki back-up rele arus lebih dengan setting waktu 0,1 dan 0,3 detik
2. Analisa dari rele jarak pada GI Surabaya Selatan memiliki setting rele jarak pada Zona 1 sebesar $0,246\Omega$; $\theta=82,32$ dan Zona 2 dengan impedansi terbesar $1,16\Omega$; $\theta= 78,15$ dan Zona 3 dengan impedansi terbesar $1,608\Omega$; $\theta= 77,87$ dengan catatan waktu operasi 0,4 detik pada impedansi $0,688 \Omega$ di zona 2 pada saat hubung singkat 3 fasa dengan back-up rele OCR pada transmisi Surabaya Selatan 1 dan Surabaya Selatan 2 dengan waktu trip 0,5 dan 0,7. Dengan pada zona kedua di GI Sukolilo, GI Sambikerep serta GI Hanil Jaya memiliki back-up rele arus lebih dengan setting waktu 0,1 dan 0,3 detik

5.2. Saran

Berdasarkan hasil akhir yang telah dilakukan studi pada tugas akhir ini, adapun beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk menjadi masukan kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Program ETAP versi 12.6 hanya dapat digunakan untuk mensimulasikan arus hubung singkat saja, sehingga untuk menentukan besaran nilai untuk setting rele yang

digunakan hanya bisa dilakukan melalui perhitungan manual dimana parameter untuk perhitungan tersebut bisa didapatkan dari hasil simulasi arus hubung singkat.

2. Koordinasi antar rele sangat penting terutama untuk sistem yang lebih kompleks, untuk menghindari terjadinya rele tidak bekerja atau kesalahan pada penunjukan indikasi alarm gangguan..

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Christopoulos, C, Wright, A. “*Electrical Power System Protection*”, Chapman & Hall : London : 1993
- [2]. Das J.C. “*Power System Anayisis Short- Circuit Load Flow And Harmonic* ” Marcel Dekker Inc. Newyork : 2002
- [3]. Gonen, Turan. “*Modern Power System Analysis*”. John Wiley & Son, Inc. 1988
- [4]. Hewitson, Les. Mark Brown. Ramesh, B. “*Practical Power System Protection*”. Newnes & Elsevier : 2004
- [5]. Jamaah, Akhmad S.T. “*Buku Pegangan Kuliah Proteksi Sistem Tenaga* ” POLINES: 2004
- [6]. Paithankar, Y.G. Bhide, S.R.”*Fundamental Of Power System Protection*”, Prentice-Hall of INDIA. New Delhi.2003.
- [7]. Saadat, Hadi. 1999. “ *Power System Analysis* “. New York : The McGraw-Hill Companies.
- [8]. Sulasno, Ir “*Analisa sistem Tenaga Listrik*” Satya Wacana : Semarang : 1993
- [9]. Stevenson, Jr, William, D. “*Analisa sistem tenaga listrik* ”edisi keempat, Erlangga: Jakarta : 1994
- [10]. Zuhail,”*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*”,PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta:1992
- [11]. PT. PLN (Persero) P3B. ”*Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan*” September 2005.
- [12]. PT. PLN (Persero) P3B “*Diklat Kursus Rele Proteksi*” Semarang : 2007
- [13]. <http://www.abb.com/global/seitp328.nsf>
- [14]. <http://dunia-listrik.blogspot.com>

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Ariq Arsyah Nanda, lahir pada 3 Januari 1993 di Surabaya. Penulis adalah anak tunggal di keluarga. Penulis mengawali pendidikannya tahun 1999 mulai masuk di SDN Rangkah 6 Surabaya (lulus tahun 2005), SMP Negeri 9 Surabaya (lulus tahun 2008), SMA Negeri 1 Surabaya (lulus tahun 2011). Kemudian penulis melanjutkan sekolah di D3 Teknik Elektro ITS angkatan 2011 dan melanjutkan studi sarjana melalui program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro (FTI-ITS) dan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di email : ariqarsya@gmail.com